

Réponses aux questions des gestionnaires du DPF Loire adressées aux participants des projets BioMareau I et II (2012-2019)

Réunion du Club des gestionnaires du 25 juin 2019 DREAL Orléans

Principaux contributeurs de ce document :

Richard Chevalier¹, Stéphane Rodrigues², Sabine Greulich², Rémi Dupré³, Damien Hemeray⁴, Marc Villar⁵

Autres participants du projet BioMareau :

Sylvie Augustin⁶, Marie Baltzinger¹, Ophélie Beslin³, Olivier Denux⁶, Benjamin Dimouro⁵, Yann Dumas¹, Vanina Guérin⁵, Véronique Jorge⁵, Philippe Jugé⁷, Marlène Lefebvre⁵, Anders Mårell¹, Hilaire Martin¹, Agnès Rocquencourt¹, Sylvie Servain-Courant⁸, Jean-Louis Yengué².

1. IRSTEA EFNO
2. UMR CITERES Université de Tours
3. Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien (CBNBP)
4. Loiret Nature Environnement, Orléans
5. INRA UMR BioForA
6. INRA URZF
7. CETU Elmis Chinon
8. INSA Centre Val de Loire



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de
Développement Régional



Préambule :

Gestion hydrosédimentaire et écologique raisonnées dans le cadre des trajectoires écologiques actuelles et futures

La Loire, comme tout hydrosystème fluvial, s'inscrit dans un bassin versant répondant à un contexte géologique / climatique / hydrologique qui a sensiblement évolué depuis le 19^{ème} siècle en conséquence de l'action humaine. Cela conduit, à l'instar des autres grands fleuves français, à une chenalisation accompagnée d'un processus d'incision généralisé (également perceptible sur certains de ses affluents). L'incision modifie les trajectoires des successions végétales et en modifie l'agencement spatio-temporel dans le sens d'un figeage des paysages, avec des conséquences sur des habitats à forts enjeux écologiques.

La morphologie du fleuve, la qualité et la quantité des eaux et des sédiments dépendent en premier lieu des paramètres régionaux évoqués plus haut, en particulier en amont, et conditionnent fortement les dynamiques écologiques. Toute tentative de restauration vers un état antérieur s'avère fortement critiquable si elle n'est pas opérée en connaissance des états actuels et en projection des futurs contextes climatique et hydrologique et des activités humaines menées sur le fleuve et son bassin. La réussite de la restauration des continuités hydrologiques, sédimentaires et écologiques dépendra, entre autres, de celles menées sur les bassins amont (gestion des barrages, arasement d'ouvrages, espace de mobilité/protections de berges sur les bassins de l'Allier et de la Loire amont, par exemple). L'objectif visé ici est d'encourager/favoriser une dynamique hydrosédimentaire et écologique, basée sur la mobilité et la fonctionnalité des habitats dans le paysage, plus que de figer une collection statique d'habitats incompatible avec la réinitialisation des successions primaires.

Comme sous-entendu plus haut, la Loire n'est pas un « fleuve sauvage » car elle est impactée par les sociétés humaines depuis des millénaires mais sa dynamique sédimentaire active constitue une originalité et levier de sa diversité d'habitats et de leur fonctionnement. Cette dynamique hydrosédimentaire permet au fleuve de se distinguer des autres grands hydrosystèmes français et européens, spécifiquement du fait de la grande qualité des stades successionnels pionniers, actuellement en récession à l'échelle de l'Europe, en particulier celle concernant les salicacées (Bensettiti F. *et al.* 2001) et pour lequel le peuplier noir joue souvent un rôle majeur. Ce point constitue, à notre sens, un élément décisif des choix de gestion hydrosédimentaire et écologique du fleuve dans ses cours moyens et aval soumis à endiguement.

Motivations pour la gestion dynamique et raisonnée - position du groupe de recherche

Dans le cadre évoqué au paragraphe précédent et dans l'esprit des deux projets BioMareau I et II (2012-2019), il apparaît stratégique d'orienter la gestion sédimentaire et écologique du fleuve vers le maintien de la succession primaire à salicacées, conduisant elle-même à des formations à bois dur ne subissant pas l'incision passée. Cela nécessite la restauration d'un régime de perturbation en mesure de générer une quantité suffisante de grèves neuves pour initialiser les successions, tout en gérant de façon efficace le risque inondation. Ces deux objectifs ne sont pas antagonistes si l'on considère l'hydrosystème fluvial dans sa globalité : action sur certains secteurs à forts enjeux (abaissement de la ligne d'eau de crue, gestions des ouvrages, mobilité des sédiments), inactions temporaires sur d'autres pour alimenter les différents stades de la dynamique. Les recommandations formulées dans les textes suivants cibleront principalement la gestion de la bande active (barres/bancs sédimentaires et chenaux). Nous considérons que la gestion de certains habitats déconnectés ouverts (pelouses, prairies), parfois de grande valeur patrimoniale et alors identifiés comme menacés (Cordier J. 2013) sortent du cadre de notre réflexion.

Cette vision implique :

- de faciliter, utiliser, optimiser les régimes de perturbation hydrosédimentaires existants avec pour limite que les travaux réalisés en Loire moyenne ne peuvent se substituer à des actions de grande ampleur à mener sur la restauration sédimentaire et écologique à l'échelle du bassin ;
- une stratégie de priorisation à l'échelle du linéaire de la Loire moyenne croisant enjeux (écologiques et humains), potentiel de réussite des actions menées (réouverture de chenaux secondaires les moins hauts ou s'inscrivant dans une configuration morphologique favorable, gestion des barres sédimentaires selon leur potentiel de mobilité [barres libres vs. forcées]) et moyens à disposition.

Notre démarche s'inscrit dans les grands concepts écologiques du *River Continuum Concept* (Vannote et al., 1980), du *Flood Pulse Concept* (Junk, 1989), du Concept d'Hydrosystème Fluvial (Amoros et Petts, 1993) et de celui de *Fluvial Biogeomorphological Succession* (Scheffer et al., 2001 ; Corenblit et al., 2014) qui démontrent l'importance des continuités et échanges longitudinaux, latéraux et verticaux mais également le rôle majeur exercé par les perturbations physiques sur les différents compartiments du lit fluvial et les biocénoses.

Références

- Amoros, C. et Petts, G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Collection Écologie n° 24, Masson, Paris, 300 p., ISBN 2-225-842246-9.
- Bensettiti F., Rameau J.-C. & Chevallier H. (coord.), 2001. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 vol. : 339 p. et 423 p.
- Cordier J. (coord.), 2013. Liste rouge des plantes vasculaires de la région Centre: 97-171, in Nature Centre & Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien 2014. – Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacées de la région Centre. Nature Centre, Orléans, 504 p.
- Corenblit, D., Steiger, J., González, E., Gurnell, A.M., Charrier, G., Darrozes, J., Dousseau, J., Julien, F., Lambs, L., Larrue, S., Roussel, E., Vautier, F., Voldoire, O., 2014. The biogeomorphological life cycle of poplars during the fluvial biogeomorphological succession: a special focus on *Populus nigra* L. Earth Surf. Process. Landforms 39, 546–563.
- Junk, 1989 Junk W.J., Bayley P.B., et Sparks R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences 106 : 110-127.
- Scheffer M, Carpenter S, Foley JA, Folke C, Walker B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. Nature 413 : 591–596.
- Vannote R.L., Wayne Minshall G., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. The River Continuum Concept. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques 37 : 130-137. DOI: 10.1139/f80-017

Question 1

1- Notre stratégie d'intervention est basée en partie sur l'hypothèse que, sans nos actions, les saules et peupliers seraient en capacité de coloniser une partie des grèves et la quasitotalité des basses berges et des chenaux déconnectés de la Loire. Cette dynamique pourrait ainsi, théoriquement, conduire à fortement dégrader la mosaïque d'habitats qui fait la richesse écologique de la Loire. Quel est votre avis sur cette hypothèse ?

Réponse à Q1 :

Une partie de la réponse a été apportée en préambule.

A - D'une part sur le contexte :

- incision passée + amoindrissement du régime de perturbation hydrosédimentaire favorisent la chenalisation et donc la réduction de la banque active ;
- la conséquence est que la proportion de superficie occupée par la végétation ligneuse augmente au détriment des grèves neuves, indispensables à l'initiation de nouvelles successions primaires à salicacées ;
- le processus a été partiellement ralenti du fait des travaux d'entretien du lit réalisés par les DDT pour réduire les risques d'inondation.

B - D'autre part notre vision de l'objectif de gestion recherché est clairement énoncée :

- la restauration d'un régime de perturbation en mesure de générer une quantité suffisante de grèves neuves pour initialiser des successions primaires à salicacées, conduisant elle-même à des formations postpionnières à bois dur ne subissant pas l'incision passée.

C - Les leviers d'action sont identifiés à 2 échelles :

- principalement à l'échelle du bassin versant, particulièrement en amont des zones à restaurer (gestion des barrages, arasement d'ouvrages, espace de mobilité/protections de berges sur les bassins de l'Allier et de la Loire amont), qui conditionnent la pertinence des actions de gestion à entreprendre en Loire moyenne ;
- mais aussi à l'échelle de la Loire moyenne par des travaux visant à faciliter, utiliser, optimiser les régimes de perturbation hydrosédimentaire générés par l'amont, afin d'en accentuer l'effet.

D - Mais qui dit restauration, dit généralement recherche d'un état d'équilibre :

- qui n'a pas de sens compte tenu de l'anthropisation passée et actuelle,
- nous connaissons cependant la direction du déséquilibre actuel,
- que nous cherchons juste à compenser pour atteindre l'objectif énoncé en B de façon adaptative.

La réponse à la question 1 est plutôt oui, à moduler avec les éléments énoncés ci-avant.

Question 2

2- De nombreux naturalistes vantent l'intérêt, en termes de biodiversité, des zones de transition entre la ripisylve et le lit mineur (richesse spécifique plus importante sur ces zones de transition). Le fait d'éviter la fermeture et le comblement d'anciens chenaux permet de maintenir un style fluvial à chenaux multiples et augmente la surface de ces écotones. Cet argument nous semble "militer" dans le sens de la restauration des chenaux secondaires, d'un point de vue écologique. Quel est votre avis sur ce point ?

Réponse à Q2 :

Cette question scientifique n'a pas été adressée dans le cadre de BioMareau, cependant le groupe possède une expérience dans ce domaine et livre ici des éléments de réponses issus d'autres programmes de recherche appliquée menés par le passé ou actuellement sur le système ligérien. Les recherches bibliographiques menées par des membres de l'équipe BioMareau dans le cadre d'autres projets (R-TEMUS, BPO Loire) montrent que des études consacrées au fonctionnement écologique des « anciens bras » fluviaux et aux facteurs qui déterminent la biodiversité de ces milieux sont peu nombreuses pour la Loire. Les résultats du projet R-TEMUS (portage S. Rodrigues, thèse C. Gaudichet) devraient fournir davantage d'éléments pour le cas de la Loire aval. Des données pour une seule annexe de la Loire moyenne comparées à celles d'autres habitats proches sont actuellement récoltées à titre d'exemple dans le cadre de projet BPO Loire (portage CITERES, S. Greulich).

La ripisylve constitue un écotone d'un grand intérêt tout comme le linéaire de contact entre celle-ci et le fond de chenal. Ces zones de transitions constituent des milieux singuliers qui abritent des flores et faunes terrestres et aquatiques variées illustrées par une richesse spécifique importante :

- (1) les écotones (= zones de transition) sont globalement favorables à la biodiversité,
- (2) l'assemblage à chenaux multiples y contribue,
- (3) cela multiplie les possibilités spatio-temporelles d'initiation de la succession primaire à salicacées.

Cependant, l'aspect « écotone » n'est qu'un aspect parmi plusieurs. Les conditions écologiques au sein d'un bras secondaire déconnecté sont différentes de celle de la berge du chenal principal, surtout quand il y a présence d'eau lors de la phase de déconnexion. On ajoute dans ce cas un habitat d'eau stagnante pendant la période d'étiage, donc un système de type mare, qui enrichit la mosaïque d'habitats d'un nouvel élément et qui est donc globalement favorable à la biodiversité.

Dans le cas de la Loire, la réouverture d'annexes hydrauliques (chenaux secondaires et boires) revêt un intérêt écologique (et aussi du point de vue du risque inondation) particulier dès lors que les travaux soient opérés de façon efficace et qu'ils visent à favoriser un régime de perturbation (et pas uniquement un habitat). Cela ne peut en revanche se substituer aux actions à mener pour rétablir les continuités sédimentaires et écologiques à l'échelle du bassin (cf. préambule) et à la compréhension/prise en compte des causes de la déconnexion du chenal en question.

Quelques préconisations sont livrées ici, elles concernent les chenaux secondaires, pas les boires :

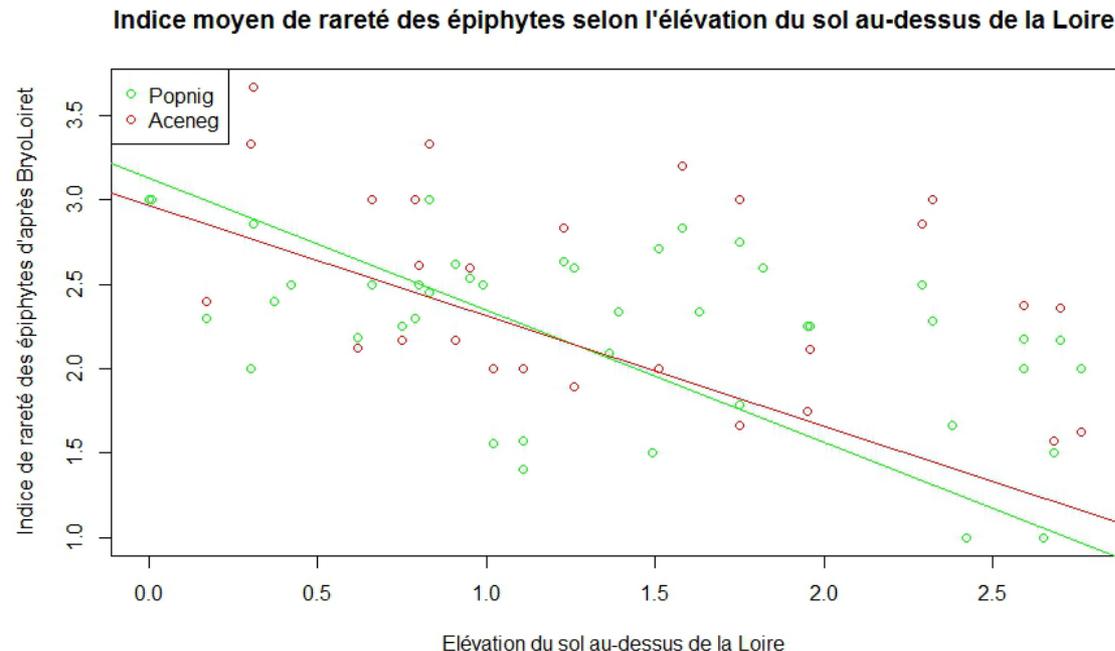
- Cibler les interventions à fort potentiel de réussite (degré de déconnexion faible, configuration morphologique et sédimentologique favorable (cf. thèse N. Claude : importance des secteurs de d'élargissement/rétrécissement du chenal principal) et pas à n'importe quel prix écologique. Certains bras ont atteint une

situation de déconnexion tellement forte que les actions de réouverture par l'homme ne peuvent être durables. Pour cela il est nécessaire d'établir à l'échelle du bassin un inventaire des annexes fluviales les plus à même de subir ces travaux avec de fortes chances de réussite, qui intègre les paramètres degré de déconnexion et forme en plan. Ne pas réaliser de travaux sur des annexes trop fortement déconnectées/perchées qui ne sont plus en contact avec une alimentation par les écoulements ou la nappe. A ce titre, les opérations de dévégétalisation sans reprofilage du bras (ou au moins évacuation des systèmes racinaires) ne nous semblent pas être un moyen efficace d'atteindre les objectifs cités du point de vue écologique ici car 1. la reproduction végétative s'en trouve renforcée (rejet rapide et aux mêmes endroits de filtres végétaux denses qui vont permettre le rapide dépôt de sédiments [Rodrigues et Gautier, 2007]), 2., le bras demeure souvent trop haut topographiquement par rapport au niveau moyen des eaux dans le chenal principal. Il faut rétablir la fonctionnalité hydraulique et sédimentaire du bras avec une connexion assurée en période estivale (par la Loire, sa nappe alluviale, ou une autre nappe souterraine). Si c'est le cas l'écotone fonctionnera bien, sinon cela nécessitera de réintervenir rapidement. Malgré un contexte sensiblement différent que celui évoqué ici il semble que les travaux de dévégétalisation/reprofilage (abaissement de cote définie par nos soins) menés à Mareau-au-près aient été adaptés à la restauration de la dynamique du lit dans ce secteur.

- Souvent la réouverture de chenaux secondaires vise des gabarits du chenal trop importants, calqués sur d'anciennes photographies ou cartes. La plupart du temps ces largeurs importantes ne peuvent plus être maintenues ouvertes après les travaux par le fleuve lui-même car les conditions ne le permettent plus (chenal trop déconnecté du chenal principal). Dans ce cas de figure, la largeur du chenal va diminuer rapidement (surtout si les systèmes racinaires des végétaux ont été conservés en place). D'un point de vue écologique, certains de ces chenaux ne devraient donc pas nécessairement être réouverts sur toute la largeur. Des chenaux secondaires moins larges auront également plus d'énergie pouvant conduire, dans certains cas à éroder des forêts à bois dur par destabilisation du pied de berge et effet de surcharge. Ceci pourrait réenclencher le redémarrage de successions primaires et l'hétérogénéité des habitats (souhaitable).
- Nécessité d'avoir un inventaire/caractérisation hydrologique, écologique et morpho-sédimentaire avant les actions évoquées ci-dessus,
- En résumé il faut peut-être faire moins de travaux mais de façon plus ciblée et intense (ne pas hésiter à reprofiler le chenal secondaire selon une pente importante [à définir par un hydraulicien et/ou sédimentologue pour cerner les risques érosifs]) sur des secteurs stratégiques. Travailler avec la nature plutôt que contre... Ceci doit être mis en perspective avec les actions de dévégétalisation pour la gestion de la ligne d'eau (secteurs urbains à forts enjeux et autres secteurs) et selon une vision intégrant plusieurs années : laisser des secteurs évoluer jusqu'à maturité sexuelle des ligneux pionniers, tels que saules et peupliers (pour favoriser la diversité génétique), mais aussi jusqu'à maturation dendrologique des forêts à bois dur postpionnières, alors que dans certains secteurs il est légitime d'intervenir plus fréquemment que dans d'autres.

Éléments complémentaires sur les bryophytes / épiphytes :

Sans répondre exactement à la question, un de nos résultats va un peu dans le sens de la question évoquée par les gestionnaires. C'est sur les arbres topographiquement les plus bas, donc en limite de ripisylve, que nous avons enregistré dans BioMareau-II les cortèges de bryophytes épiphytes les plus patrimoniaux. Ces espèces typiquement liées au fleuve sont moins fréquentes à l'échelle de la région que des espèces installées plus haut sur la berge.



Question 3

3- Est-ce que les grands hélrophytes (roselière, Carex, etc.) favorisent la sédimentation ? Pour l'instant, nos observations nous laissent penser que l'accrétion des milieux sur lesquels ils s'implantent est très limitée et donc, que l'installation de ce type de végétation est plutôt « favorable » aux enjeux hydrauliques, dans la mesure où elle limite l'implantation des semis de saules et peupliers.

Réponse à Q3 :

Ce type de végétation n'a que très peu d'impact sur la sédimentation et ne pose donc pas de souci. La cariçaie est très particulière et à un niveau topographique bas (l'eau y circule parfois à l'étiage) elle peut être stable pendant plus de 10 ans. De plus, la surface en cariçaie occupe celle qui peut être prise par les salicacées sur grèves basses. Donc l'installation et le maintien de ces types de végétation favorise la bande active puisqu'elle se fait au détriment des salicacées. Côté biodiversité associée, les touffes de carex sont aussi favorables au chevalier guignette et à la faune aquatique, qui y trouvent refuge.

Le problème vient en fait des érables negundos, qui s'installent facilement au sein des touradons de carex (soit parce que les graines qui flottent sont piégées et / ou soit favorisées par la matière organique). Les érables négundos qui s'y installent peuvent alors provoquer une sédimentation avec accrétion rapide (cf. cas d'école des îles de

Mareau et vu régulièrement en Loire moyenne). Donc extraire les arbres émergents dans ces formations pourrait être une façon de les faire durer plus longtemps.

Question 4

4- Les naturalistes nous incitent souvent à réduire notre fréquence d'« entretien » des sites restaurés et à mettre en place un plan de gestion visant à organiser une rotation des opérations d'entretien, conduisant à n'intervenir que tous les X ans sur un site. Les travaux de recherche de BioMareau ont permis de suivre la phase de « cicatrisation » du milieu et sa capacité à restaurer sa biodiversité. Serait-il possible d'établir une courbe théorique qui permettrait de prévoir, en fonction du type d'unité morphologique et du type d'intervention, l'état prévisible de la biodiversité sur ce site au bout de X années après une opération de restauration ? Cela permettrait de fixer une fréquence d'entretien permettant de concilier les enjeux écologiques, hydrauliques ... et les contraintes financières.

Éléments préalables à la réponse Q4 :

La question est de réaliser les travaux de façon qu'ils altèrent le moins possible les premiers stades de la succession.

(I) - Il convient tout d'abord de bien connaître la dynamique de la biodiversité tout au long de la succession primaire à salicacées :

Le dispositif Loire moyenne de BioMareau-II, comptant 154 peuplements tout au long de la Loire moyenne, s'intéresse à cette question et produit des premiers résultats concernant la flore vasculaire. Les différents stades étudiés sont les suivants :

- A : Semis en grève basse ; H sédiments ≤ 50 cm à l'étiage et couvert strate arbustive $b(2-8\text{ m}) < 7\%$ (Hmax salicacées $\leq 2,1$ m ; n : 39) ;
- B : Semis en grève moyenne ; H sédiments > 50 cm à l'étiage et couvert $b < 7\%$ (Hmax salicacées $\leq 2,7$ m ; n : 27) ;
- C : Fourrés ; couvert $b \geq 7\%$ et Hmax ≤ 7 m (n : 13) ;
- D : Hmax 10 à 20 m (n : 18) ;
- E : Hmax 20,5 à 25 m (n : 25) ;
- F : Hmax 25,5 à 32,5 m (n : 28).

Les figures 1, 2 et 3 présentent la richesse spécifique locale (nombre moyen d'espèces observées sur un peuplement), respectivement pour l'ensemble des espèces (Figure 1), pour les espèces patrimoniales (Figure 2) et pour les espèces invasives (Figure 3).

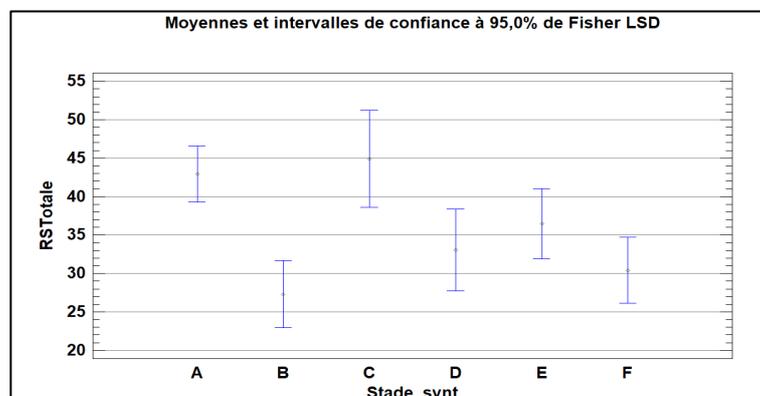


Figure 1 : Richesse spécifique totale en fonction du stade de la succession primaire. p Anova $< 0,001$ ***.

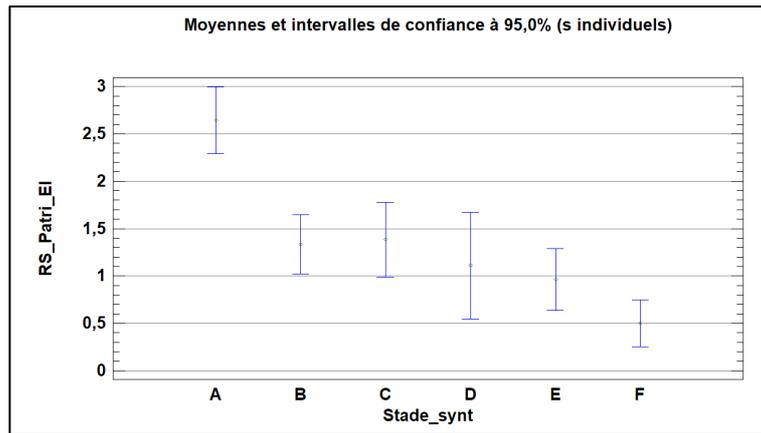


Figure 2 : Richesse en espèces patrimoniales (protégées + liste rouge + déterminantes ZNIEFF) en fonction du stade de la succession primaire. p Kruskal-Wallis $< 0,001$ ***.

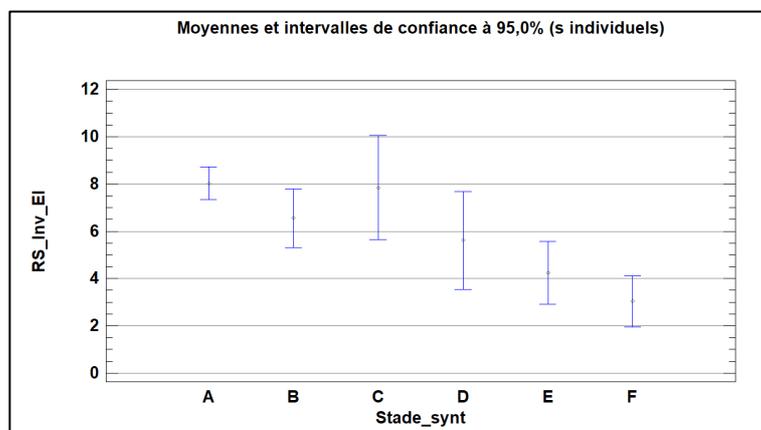


Figure 3 : Richesse en espèces invasives (avérées ou potentielles en région Centre-Val de Loire, listes de 2018 et 2015) en fonction du stade de la succession primaire. p Kruskal-Wallis $< 0,001$ ***.

Nous constatons que le stade le plus précoce (A) se distingue par le plus grand nombre d'espèces (avec C), le plus grand nombre d'espèces patrimoniales, mais aussi le plus grand nombre d'espèces invasives (avec C).

Le stade B à la particularité de compter le moins d'espèces et la plus forte proportion d'espèces invasives. Il correspond vraisemblablement au stade le plus intense d'accumulation de sédiments qui recouvrent régulièrement la végétation, produisant un sol à physionomie minérale. Ce stade semble correspondre aux emplacements les plus propices à la nidification des sternes (observations sur l'îlot C de Mareau).

Le stade C, compte à peu près la même richesse totale et en espèces invasives que A, mais deux fois moins d'espèces patrimoniales. Il correspond à l'arrivée d'espèces caractère plus forestier. Le stade C est celui que nous avons eu le plus de mal à échantillonner malgré les efforts déployés. Plusieurs hypothèses ont été émises par Chevalier et *al.* (Dynamique temporelle des saulaies-peupleraies, Séminaire « La biodiversité du bassin versant de la Loire : fonctionnement, dynamiques et gestion », 8 novembre 2018, Tours), la plus pertinente étant que les peuplements correspondant à ce stade se présentent souvent avec des faciès hétérogènes et entrouverts que nous n'avons pas retenus lors de l'échantillonnage (40 % des peuplements de stade D, E et F n'auraient pas été retenus 10 ans plus tôt).

Enfin, les stades D, E et F ont des richesses assez similaires, moindres que pour A et C, avec une légère tendance à la diminution avec l'âge.

Ces premiers résultats présentent des limites. Ils sont obtenus avec des relevés synchroniques et réalisés à la seule échelle de 200 m², compromis de la surface nécessaire pour être représentative des communautés végétales dans notre contexte. Ils permettent toutefois d'attirer l'attention sur :

- la potentielle vulnérabilité des stades les plus précoces A, B et C, compte tenu de leur dynamique chaotique, du grand nombre d'espèces en présence, dont des patrimoniales et un nombre conséquent d'invasives ;
- le fait que ce sont ces mêmes stades qui supportent le plus les travaux d'entretien contemporains ;
- l'importance de la réduction drastique de la survie des cohortes de peuplier, conduisant au stade C, souvent en facies hétérogène et entrouvert (peuplements qui se ferment ensuite), invitant à attendre plutôt que de se précipiter pour contrôler les jeunes cohortes de salicacées (cf. question 7 et expérience des travaux de l'îlot C de Mareau).

(II) - Impact local des travaux d'entretien sur la flore vasculaire :

Pour les stades A et B, nous avons pu comparer des peuplements étant en place de zones à travaux à ceux qui n'en ont pas subi (initialisation de succession primaire vraie). Nous avons alors étudié les mêmes indices de richesse que pour la comparaison des stades en § (I).

Le premier résultat est qu'aucune tendance ni différence n'est observée pour le stade B (27 sites dont 10 avec travaux=1) alors que des tendances (test statistique avec $p < 0,1$) sont obtenues pour le stade A (39 sites dont 11 avec travaux=1) pour la richesse totale (Figure 4) et la richesse en espèces patrimoniales (Figure 5). La tendance est amoindrie pour les espèces invasives ($p = 0,17$) mais demeure pour la richesse en espèces exogènes (Figure 6).

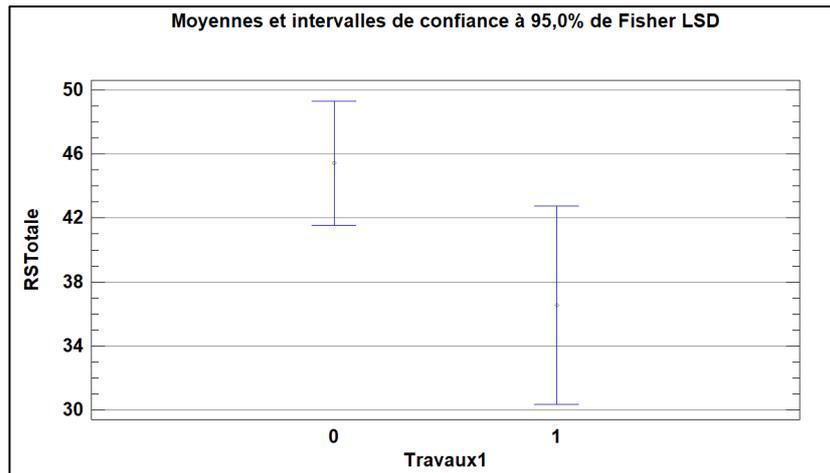


Figure 4 : Richesse spécifique totale en fonction de la réalisation de travaux (1) ou non (0) pour le stade A de semis en grève basse. p Anova < 0,1 Tendance.

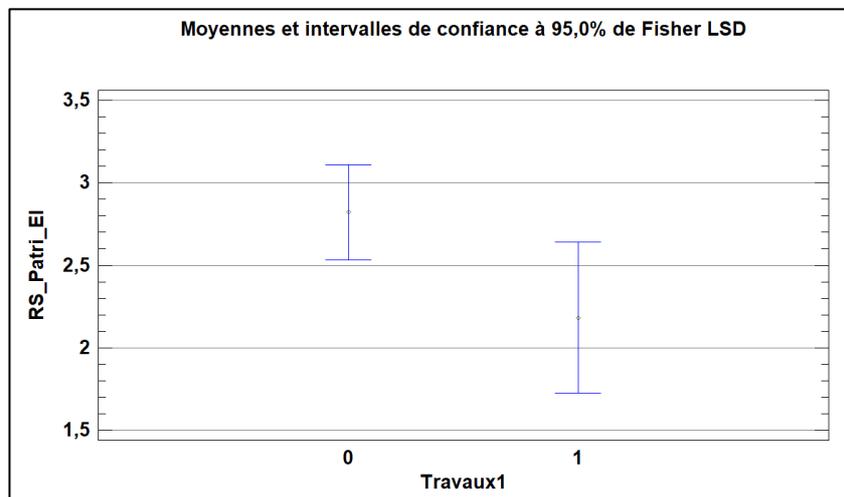


Figure 5 : Richesse en espèces patrimoniales en fonction de la réalisation de travaux (1) ou non (0) pour le stade A de semis en grève basse. p Anova < 0,1 Tendance.

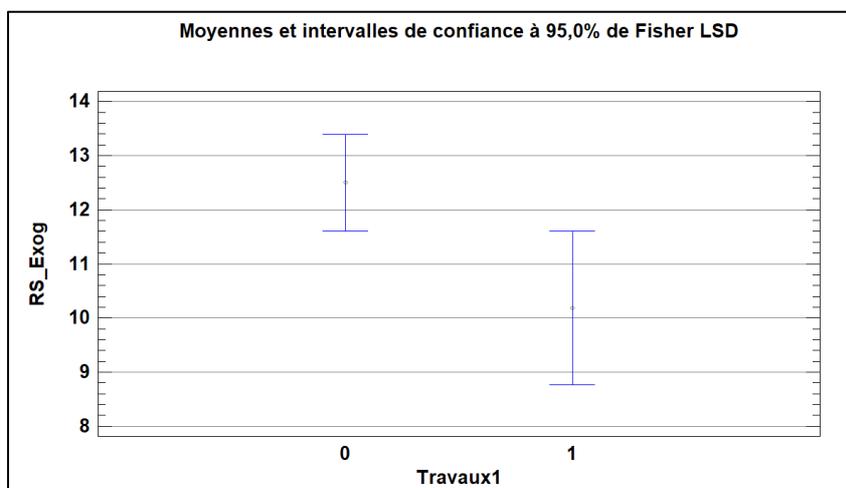


Figure 6 : Richesse en espèces exogènes en fonction de la réalisation de travaux (1) ou non (0) pour le stade A de semis en grève basse. p Anova < 0,1 Tendance.

Ces premiers résultats présentent les mêmes limites que pour l'effet stade. Malgré les efforts d'échantillonnage, nous n'avons pas trouvé autant de régénérations suite à travaux qu'en absence de travaux antérieurs. Enfin, la délimitation des zones de travaux (remontées par les DDT auprès de la DREAL de bassin) ne sont pas très précises ni exhaustives, ce qui entraîne un « bruit de fond » qui gomme très certainement l'effet des travaux. Cependant, il est clair, qu'à ce stade des analyses, les travaux ne semblent pas avoir d'influence sur la richesse floristique pour le stade B de semis sur grèves moyennes, alors que des tendances sont observées pour le stade A (semis sur grève basse), qui deviendraient aisément significatives avec un léger effort d'échantillonnage complémentaire des sites avec travaux. Ainsi, les travaux réduisent la richesse totale (37 contre 45 espèces sur 200m²) et en espèces patrimoniales (2,2 contre 2,8 espèces) mais réduisent aussi la richesse en espèces exogènes (10,2 contre 12,5 espèces). Si les travaux altèrent légèrement la biodiversité au stade A, ils ne favorisent pas la richesse en espèces exogènes (28 % de la richesse totale dans les deux cas) ni des espèces à caractère invasif.

Réponse à Q4 :

Concernant la biodiversité de la flore vasculaire, les résultats obtenus sur le dispositif Loire moyenne de BioMareau-II, obtenus à l'échelle de 200 m², nous amènent à formuler les recommandations suivantes :

- ❶ Différer le plus possible les travaux d'entretien, afin :
 - de ne pas altérer le stade A de semis sur grèves basses qui compte le plus grand nombre d'espèces de la flore, y compris pour la catégorie des patrimoniales,
 - de laisser des quantités suffisantes du stade B, que l'on sait favorable à la nidification des sternes (*cf.* retour d'expérience sur l'îlot C de Mareau),
 - de laisser s'exprimer le stade C et sont hétérogénéité intrinsèque, stade charnière de la forêt dense à venir.

- ❷ Ne pas envisager de rotation systématique, mais plutôt baser la décision sur un diagnostic préalable, de façon à n'intervenir que sur des sites où la végétation ligneuse va devenir incompatible avec un bon écoulement de l'eau (abandon des interventions préventives).

- ❸ La conséquence est que si les travaux se font plus tard, il interviendront sur des sites arrivés au stade C où l'accumulation de sédiments est déjà conséquente et où la destruction de la végétation ligneuse devra être accompagnée d'un abaissement significatif de la barre sédimentaire pour avoir un effet durable (*cf.* expérience de l'îlot C de Mareau), le largage de sédiments dans le fleuve contribuant aussi à créer en aval des conditions optimales d'initiation de nouvelles successions primaires à salicacées. Les travaux seraient plus lourds que les travaux d'entretien actuels (arrache poireau) mais moins fréquents et plutôt non répétitifs.

- ❹ Ne pas exclure des interventions ciblées aux stades ultérieurs ou en forêt à bois dur, afin de contenir une trop forte extension forestière et garantir la formation de grèves neuves en quantité suffisante.

Question 5

5- Sur une grève que le gestionnaire a décidé de maintenir ouvert (sans végétation arborée), quels indicateurs ou critères écologiques devraient l'inciter à différer la phase d'entretien ?

Réponse à Q5 :

Le principal a été dit sur les travaux d'entretien en réponse à la question 4. Nous renvoyons donc à Q4 sur l'argumentation de la préconisation de différer le moment d'intervention, ce qui implique d'accepter des stades en partie fermés.

Si le gestionnaire décide de maintenir une grève basse ouverte, cela repose sur des considérations principalement hydrauliques ou paysagères (ou écologique dans le cas très particulier de la volonté de maintenir des conditions favorables pour les sternes sur un site donné).

En dehors des grèves et des pelouses-prairies (non traitées ici car à niveau topographique plus haut), il conviendra d'être attentif au cariçaias (en touradons, à bas niveau topographique), habitat très particulier qui semblerait subir la colonisation de l'érable négundo.

Notre objectif étant de privilégier la mobilité spatiale des différents stades de la succession primaire, la conservation d'habitats ouverts de façon statique devrait donc être ponctuelle, motivée et bien délimitée (cartographiquement) afin d'appliquer à ces zones une gestion différenciée de celle liée à la dynamique spatio-temporelle des saulaies-peupleraies.

Question 6

6- De nombreuses espèces sont annuelles ou bisannuelles et le stock de graines est toujours disponible dans les alluvions remaniées des bancs et bras gérés par la DDT ? Peut-on dire que les opérations de « scarification », réalisées en septembre/octobre, ont un impact très limité sur ces espèces annuelles ? Voire un effet positif (pour ces espèces) dans la mesure où nos interventions permettent de maintenir des zones colonisables par ces espèces pionnières ?

Réponse à Q6 :

Dans le cadre du projet BioMareau II, nous avons échantillonné les sédiments du premier stade successional (grèves) de la Loire moyenne sur 36 sites avec travaux et 40 sites sans travaux. Ces travaux sont généralement des scarifications. Sur chacun des sites, 4 quadrats d'une surface d'1 m² ont été échantillonnés, compris dans une placette de 200 m² (rayon de 8m). Actuellement, les résultats d'environ 2/3 des sites sont disponibles. Ces résultats ne montrent pas de différences statistiquement significatives pour les densités des banques de graines entre sites avec et sans travaux (Figure 8). En ce qui concerne la nature des graines, en moyenne moins de 4% appartiennent à des espèces invasives, 17 à 19% à des espèces patrimoniales et 2% à des espèces protégées. Là encore, aucune différence significative entre quadrats sans et avec travaux n'ont été constatées.

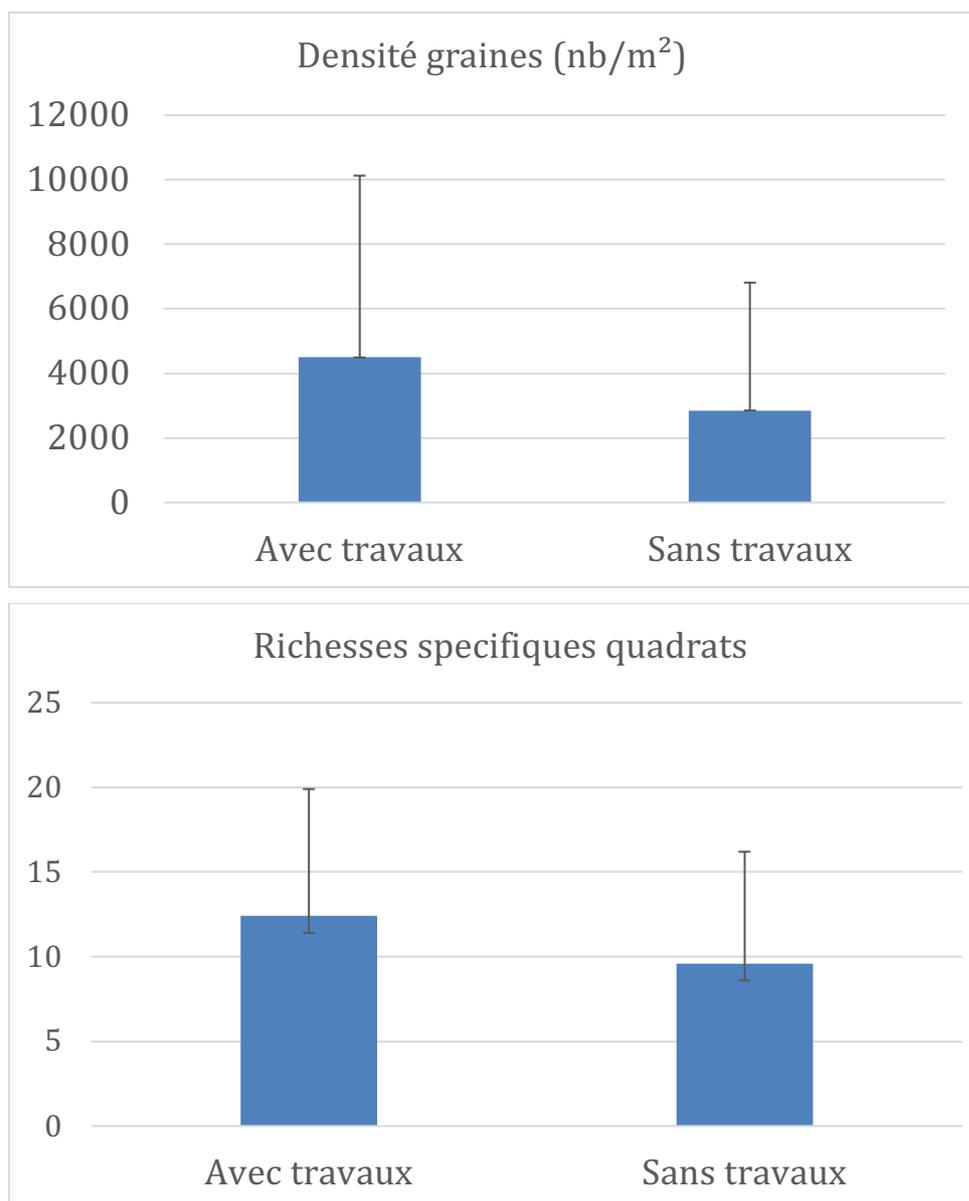


Figure 8.

Les compositions spécifiques des banques de graines ne permettent pas de différencier les communautés de sites sans des communautés des sites avec travaux. Il apparaît cependant que le groupe des sites avec travaux est plus homogène dans sa composition que le groupe des sites sans travaux.

Une tendance à l'homogénéisation par les travaux peut également être observée à l'échelle du site : premièrement, l'indice de diversité de Simpson des banques de graines est plus élevé dans les quadrats avec travaux que sans travaux ($p=0.047$). Deuxièmement, la composition spécifique des banques de graines sur les quadrats ressemble davantage à celle des placettes environnantes dans le cas de travaux ($p=0,0497$), tout en étant très faible (indice de Sorenson moyen de 0.09 vs 0.07). De même, la végétation établie sur les quadrats est plus dense après travaux (recouvrement moyen de 14% vs 7% dans les sites sans travaux, $p=0.0003$). Cette

différence disparaît si l'on compare les recouvrements à l'échelle de la placette (recouvrement 20 vs 22%, $p=0.483$).

Ces résultats illustrent que la banque de graines, ainsi que la végétation établie, se répartit principalement par tâches sur les grèves sans travaux. Elle est donc très variable dans sa densité à l'échelle du quadrat. Le principal effet des travaux de scarification serait donc de répartir les graines comprises dans les substrats de manière plus homogène. Les résultats obtenus pour la végétation établie des grèves (cf. Q4) suggèrent que l'aptitude à germer de certaines graines et/ou la capacité de s'installer de certaines plantules pourrait être affectée par les travaux.

Question 7

7- Les travaux de Coraline Wintenberger ont montré le faible taux de survie des saules et peupliers ayant essayé de coloniser les zones non armurées du banc de Mareau. Est-ce que ce constat a été validé sur d'autres sites de la Loire moyenne ? Ce type d'observation permettrait de cibler les interventions et de limiter le passage et l'impact des engins de travaux.

Réponse à Q7 :

Malgré un régime de perturbation hydro-sédimentaire atténué, la capacité de maintien des semis de salicacées est globalement faible (encore plus que nous le pensions), comme déjà évoqué dans la réponse à Q4. Le suivi des cohortes de semis de l'îlot C de Mareau-aux-prés le démontre bien. Après son arasement en 2012 :

- une cohorte de semis est arrivée en moyenne tous les 2 ans (2013, 2015 et 2017),
- la survie des semis est très faible (la cohorte de 2013 est très résiduelle, celle de 2015 a disparu et celle de 2017 s'est fortement réduite en 2018).
- même 2 à 3 ans après leur installation, les semis peuvent être détruits par les perturbations naturelles,
- en 6 ans d'observation, seuls quelques peupliers noirs de 2013, régulièrement recépés par le castor semblent installés de façon durable, sans nécessiter d'entretien pour l'instant (car n'ayant pas d'impact au niveau hydraulique).

La préconisation est alors, dans les secteurs d'intervention, de ne pas déclencher les travaux à la vue d'une cohorte dense de semis de 1 ou 2 ans. Il vaut mieux investir dans de la surveillance d'évolution de ces cohortes et intervenir qu'en cas de réelle nécessité.

Par ailleurs, le fait que la survie est meilleure sur les zones armurées et plus généralement sur les barres non mobiles, invite à renforcer la surveillance sur les secteurs concernés par ces particularités.

Question 8

8- Le broyage sur site est une pratique parfois mise en oeuvre. Dans quels contextes faudrait-il éviter ce type de pratique ?

BioMareau n'a pas de données sur ce point.

Question 9

9- Quel est votre point de vue sur le brûlage des résidus de coupes sur des îles où l'accès d'engins est complexe et potentiellement relativement impactant pour le milieu ?

BioMareau n'a pas de données sur ce point.

Question 10

10- Des arbres et arbustes se développent dans les enrochements en pieds de chemins de service. Alors que le maintien d'une strate arbustive peut permettre de renforcer la protection de l'ouvrage, le développement de gros individus peut conduire à fragiliser et/ou déstabiliser la protection. Ces remarques conduisent les gestionnaires à limiter la hauteur de cette ripisylve. La technique mise en œuvre consiste à recéper les repousses tous les 3 ou 4 ans par broyage mécanique, puis de passer avec un lamier pour obtenir une coupe nette. Auriez-vous des recommandations à formuler concernant la gestion de ce type de boisements spécifiques, sachant que, pour l'instant, les moyens alloués à ce type d'intervention et le linéaire concerné ne nous permettent pas d'envisager une intervention manuelle qui favoriserait une diversité de taille, d'âges et d'espèces.

Réponse à Q10 :

BioMareau n'a pas de données sur ce point.

Mais voici la réponse d'André Evette (Irstea Grenoble) :

« C'est toujours très difficile de donner des avis techniques sans avoir vu les sites, et je ne peux en rester qu'aux généralités. »

D'une manière générale les ligneux ne fragilisent pas les enrochements mais les renforcent (contrairement aux maçonneries). Et il n'y a généralement pas de risque à les laisser pousser au-delà de 3 ou 4 ans.

Après, cela ne gêne pas les saules d'être recépés, et le fait de faire une coupe régulière permet le maintien de ces espèces qui seraient sinon sans doute remplacées par des espèces de stade successional plus tardif.

Si le gestionnaire veut recéper régulièrement, l'idée pourrait être de découper le tronçon et de le recéper par secteur avec un passage tous les 4 ans mais décalé dans le temps, pour avoir toujours à proximité plusieurs strates avec un bon couvert de salicacées, ce qui est important pour assurer le maintien des fonctions écologiques de la berge : accueil de la faune (insectes, oiseaux, castors...), les fonctions de corridor... »

Question 11

11- Lorsque des zones « perchées » des sites restaurés sont recolonisées par des herbacées et quelques rares jeunes ligneux, on envisage la solution du fauchage ou du pâturage pour l'entretien post-restauration. Quand la solution retenue est le fauchage, quelles sont vos recommandations en termes de fréquence et de période d'intervention ?

BioMareau n'a pas de données sur ce point.

Question 12

12- La fédération de pêche du 37, dans le cadre de travaux de restauration d'une frayère et d'une dérogation « espèces protégées », a mis en place un suivi pour le « déplacement » de la pulicaire vulgaire (stock de graines présent dans les sédiments déplacés). Quel est le retour d'expérience de cette expérimentation ? Pour quelles espèces, ce déplacement est envisageable ou pourrait être expérimenté ?

Réponse à Q12 :

Nous n'avons pas de retour d'expérience de la manipulation mentionnée. Pour les habitats qui nous intéressent, c'est la mobilité spatiale et temporelle dans le paysage qui prime. Les espèces doivent alors aussi se déplacer et le font alors sans l'aide de l'homme, à condition que les habitats se présentent dans un bon état. Pour le cas de la pulicaire vulgaire, sur le dispositif Loire moyenne, nous l'avons rencontrée dans 15 % des 39 placettes de 200 m² du stade A de grève basse (dans 18 % des zones sans travaux et dans 9 % des zones avec travaux, différence non significative).

Question 13

13 - Il y a, depuis plusieurs années, une montée en puissance des projets de restauration d'anciennes frayères (annexes fluviales reconnectées par l'aval, pour un débit proche du module). Peut-on évaluer une densité minimale/optimale de frayères fonctionnelles "nécessaires" sur la Loire pour la reproduction des espèces cibles ? Ne faudrait-il pas rechercher une certaine diversité de débits de connexion pour s'adapter aux fluctuations hydrologiques ?

Réponse à Q13 :

La question des frayères n'a pas été étudiée dans le cadre du projet BioMareau. Quelques éléments de réponse peuvent néanmoins être apportés par la Fédération du Loiret pour la pêche et la protection du milieu aquatique, qui réalise actuellement une étude sur les frayères et leur connexion à la Loire. Antoine Verdeil, chargé de mission à la Fédération, nous a indiqué avoir constaté une baisse des niveaux moyens de la Loire en période de reproduction des espèces cibles, telles que le Brochet. Cette réalité est donc prise en compte lors de la restauration d'annexes hydrauliques, en choisissant de varier les niveaux de connexion pour permettre un remplissage à des débits différents selon les sites. Il y a 10 à 15 ans, le calage était réalisé pour un remplissage optimal à 400 m³/s. Les nouveaux projets sont plutôt calés sur un débit de 300 m³/s, voire même en-dessous.

Concernant la densité optimale des frayères, il est à noter que les grandes zones d'herbiers aquatiques qui se développent depuis une dizaine d'années, peuvent faire office de frayère - même si cela n'a pas été étudié dans le détail - ce qui peut rendre secondaire le besoin de création de nouvelles annexes connectées.

En tenant compte de ces éléments, il nous semble important de réaliser en priorité des travaux sur des annexes hydrauliques dont l'altitude par rapport à la Loire permettra un remplissage aux débits évoqués ci-dessus. Celles-ci pourront donc être fonctionnelles dans la durée.

Le projet R-TEMUS (Restauration du lit et Trajectoires Ecologiques, Morphologiques et d'Usages en Basse-Loire), réalisé par l'unité CITERES de l'Université de Tours dans le cadre d'une thèse, apporte également des informations sur le lien entre connexion

et dynamique de végétation. Le Conservatoire d'Espaces naturels Pays de la Loire travaille actuellement sur cette thématique, avec un contrat pour la Loire et ses annexes, en cours jusqu'en 2020. On peut enfin noter que d'un point de vue biodiversité, au-delà de l'intérêt piscicole, les annexes fluviales fonctionnelles sont riches pour de nombreux groupes d'espèces, flore, oiseaux, insectes notamment.

Question 14

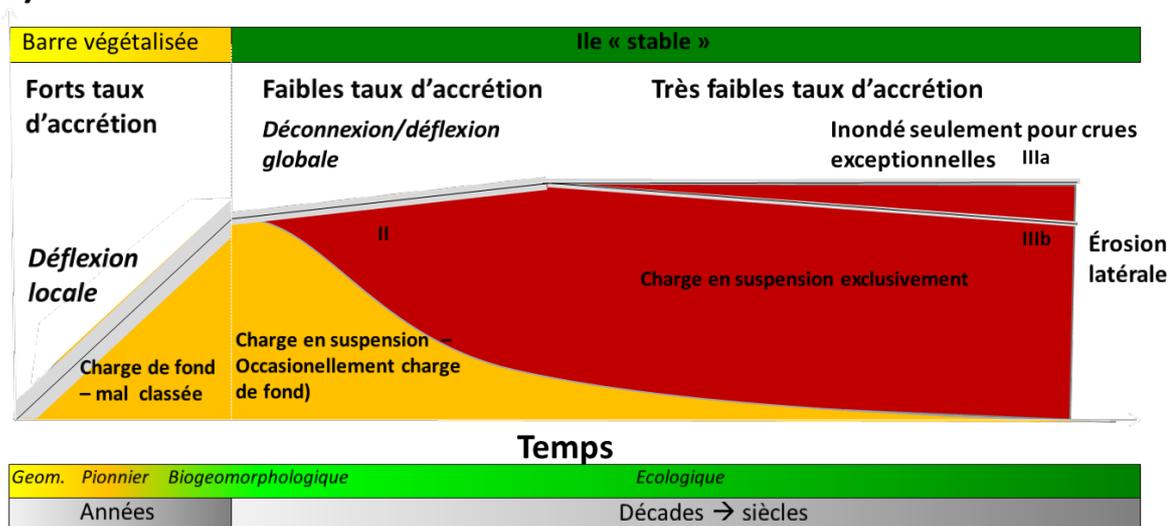
14- Dans l'objectif d'enrayer l'incision du lit, Stéphane Grivel, dans sa thèse, préconisait d'intervenir sur les îlots en cours de formation qui étaient les unités morphologiques qui interceptaient le plus de sédiments. Est-ce que cette recommandation vous semble opportune et pourrait justifier un programme d'interventions ciblées, avec ce seul objectif, en amont de certains tronçons où on a atteint le substratum et où les affleurements sont visibles ? Idem pour la scarification de grèves constituées de matériaux grossiers afin de réactiver le transit sédimentaire et recharger le lit vif en amont de ces secteurs, même s'il n'y a pas d'intérêt en termes de réduction des conséquences négatives des inondations ?

Réponse à Q14 :

La recommandation de cibler certaines unités morphologiques sur la base de leur taille ou stade d'évolution ne nous paraît pas adaptée pour les raisons suivantes :

- la définition des objets est ambiguë. S. Grivel parle caractérise ces « micro-ilots » par la taille < 4000 m² (p. 215, 239, 427) et < 1000 m² (p. 178, p. 315, p. 361). Ce classement par la taille n'est à notre sens pas efficace puisqu'il n'intègre pas de critères de déconnexion de ces formes du chenal principal ;
- cibler une classe d'unités morphologique (et végétale) spécifique ne concourt pas à développer une mosaïque d'habitats fonctionnels. Cela engendrerait une discontinuité spatiale et temporelle dans les successions morphologiques et végétales. Ces îlots supportent des communautés de transitions intéressantes pour la dynamique écologique de la Loire (saules et peupliers qui peuvent devenir matures sexuellement et contribuer à la diversité génétique des espèces) ;
- Les « îlots en formation » stockent effectivement du sédiment rapidement mais permettent également une diversification des faciès d'écoulement et de l'évolution du lit en influençant les écoulements lors de leur croissance. Il ne faut pas considérer uniquement le fait du stockage de sédiments sur les îles mais également le potentiel de déflexion des eaux en crue qui contribue à la diversité des habitats. Les îles en formation ne constituent pas les stocks remobilisables les plus importants en comparaison avec les îles anciennes et déconnectées (cf. figure ci-dessous). D'un point de vue écologique, ces îles plus anciennes sont souvent caractérisées par des forêts de bois durs dont l'intérêt écologique est déjà représenté sur les coteaux et les zones moins inondables des vals. Nous pensons donc qu'il ne faut pas nécessairement cibler les actions sur certaines classes de taille d'îlots mais qu'une des actions envisageable (et efficace) pour le relargage de sédiments concerne le fait de favoriser l'érosion latérale de ces îles anciennes et fortement déconnectées (grand stocks de sédiments, communautés de bois durs). Il faudra nécessairement prendre en compte le risque d'embâcles et le fait que certains de ces terrains sont privés.

Volume accumulé ou élévation moyenne



Wintneberger et al., *Geomorphology*, 2015a.

Question 15

15 - Les espaces disponibles pour la nidification de l'avifaune nicheuse (sternes, etc.) sont parfois très éloignés. On imagine bien que ces espèces sont en capacité de chercher un autre site et qu'il ne suffit d'ouvrir un site pour que les sternes s'y installent. Mais peut-on évaluer une distance « maximale » entre deux sites, qui pourrait les contraindre à poursuivre leur chemin vers d'autres cours d'eau et qui pourrait, au final, perturber leurs reproductions. Cette information nous permettrait de prioriser des demandes récurrentes de restauration de sites avec cet objectif.

Réponse à Q15 :

L'installation d'une nouvelle colonie de sternes a été étudiée dans le cadre du projet BioMareau, mais la question de la distance entre les sites de reproduction n'a, à notre connaissance, pas été étudiée.

Nous avons interrogé Benoît Marchadour, chargé de missions faune vertébrée à la LPO Pays de la Loire, qui coordonne notamment le comptage national des sternes sur l'axe Loire/Allier et qui connaît très bien ces espèces.

Les sternes ont une certaine fidélité à leur colonie, mais peuvent faire preuve d'adaptation lorsque les sites disparaissent, notamment pour la Sterne pierregarin. Lorsque les niveaux d'eau sont trop hauts, certains individus peuvent trouver des sites de substitution relativement différents des grèves sableuses (comme par exemple étangs, carrières, radeaux, etc.). Difficile de connaître la distance maximale entre deux sites mais elles peuvent sans doute faire plusieurs dizaines de kilomètres. Les échanges entre les colonies, les reports d'un site à un autre sont sans doute importants mais peu connus.

Le rapport *Observatoire de l'avifaune nicheuse des grèves du bassin de la Loire - Bilan des actions menées en 2011, 2012 et 2013 et stratégie de conservation, Août 2014*

évoque les sites de substitution et la stratégie à adopter. S'ils peuvent être une solution satisfaisante, cela ne doit pas être systématisé :

- Les sternes naines n'y nichent pas
- L'objectif doit demeurer la reconquête d'une Loire mobile et vivante
- Les radeaux ont un effet concentration qui n'est pas satisfaisant d'un point de vue conservation. La conservation d'une multitude de petits sites de reproduction est préférable face aux dérangements, aux crues tardives voire dans certains cas à la prédation.

Ce que BioMareau a mis en évidence, par contre, c'est que les sternes sont liées à un certain stade de la succession végétale, à savoir la présence de semis de salicacées présents dans un secteur à topographie de grève moyenne et un faible couvert des plantes herbacées (stade B du dispositif Loire moyenne). Elles peuvent bien entendu s'établir sur des substrats dépourvus de végétation, mais sa présence semble jouer un rôle important dans la protection des jeunes, jusqu'à l'envol.

Le suivi de l'avifaune des grèves, a mis en évidence que la colonie ne s'est formée qu'au bout de 3 années, après création d'un nouveau milieu favorable et que celle-ci croît chaque année depuis 2013. Ces constatations n'incitent pas à programmer d'intervention mécanique sur un secteur colonisé par les sternes.

Enfin, l'espèce n'hésitant pas à faire de grandes distances, il est indispensable de raisonner à l'échelle d'un vaste tronçon. La gestion la plus favorable à la préservation des sternes est sans conteste la conservation de la dynamique fluviale et le maintien de la diversité des habitats ligériens, et non la recherche du maintien artificiel d'un secteur à stade défini.

Question 16

16- En visant uniquement la préservation/restauration de la biodiversité et en s'appuyant bien sûr sur les docobs qui datent un peu, est-il possible d'actualiser et de prioriser certains enjeux forts de restauration des milieux ligériens (liste rouge, etc.) ?

Réponse à Q16 :

Un inventaire et une hiérarchisation des habitats suivant leur degré de vulnérabilité existe déjà en région Centre (Livre rouge. Habitats naturels et espèces menacés de la région Centre). Un travail de hiérarchisation des enjeux habitats et espèces est en finalisation aux CEN de la région Centre-Val-de-Loire. Les RNN hiérarchisent aussi leurs enjeux habitats-espèces dans leurs documents de gestion. Ces initiatives s'intéressent surtout à des habitats menacés et ont pour objectif de les préserver du mieux possible (souvent de façon statique) en raison de leur rareté. Concernant l'entretien du Lit de la Loire, quelques habitats (pelouses et prairies), souvent déjà localisés sont concernés. Ils ne relèvent pas de notre problématique et nous invitons les gestionnaires du lit à prendre contact avec les CEN et les associations naturalistes pour leur gestion.

Les habitats ligériens soumis à la dynamique hydro-sédimentaire et de la végétation, intéressent des habitats, à caractère patrimonial certes (relevant souvent de la directive habitats Natura 2000) mais moins menacés que ceux évoqués ci-dessus. Même si nous savons que certains habitats ont un plus fort enjeu que d'autres, il est inadéquat de vouloir les hiérarchiser dans le sens d'en favoriser certains au détriment d'autres du fait de leur intérêt individuel, ce qui inviterait alors à avoir une attitude de

gestion statique, alors que c'est bien une dynamique spatio-temporelle que nous recherchons où à un endroit donné les habitats se succèdent suivant une dynamique fonctionnelle.

En théorie, l'idéal serait de se référer à un état d'agencement spatio-temporel de référence idéal que nous ne connaissons pas. Nous pouvons juste pointer des déséquilibres de représentation et de mobilité de certains stades, la gestion consistant alors à tenter de les corriger suivant une démarche adaptative.

Question 17

17- En dehors des zones de remous, existe-t-il d'autres configurations topographiques qui rendent certains sites plus propices à l'implantation de plantes exotiques envahissantes.

Réponse à Q17 :

Un contexte de forte perturbation avec rajeunissement (naturel ou artificiel), en créant un terrain vierge est globalement propice à l'expression des plantes exotiques et cela d'autant plus qu'il y a eutrophisation. Les travaux d'entretien du lit sont principalement réalisés au premiers stades A, B et C de la succession qui comptent le plus d'espèces invasives (cf. figure 3 de Q4). Cependant, les espèces invasives et exogènes ne semblent pas favorisées (à l'échelle locale de 200 m²) par les travaux d'entretien (cf. figure 6 de Q4).

La question serait de savoir si les travaux ne favorisent pas indirectement les espèces invasives en aval, du fait qu'ils en larguent les propagules. *A priori*, pas plus qu'une perturbation naturelle, mais il pourrait y avoir une question d'ampleur, c'est-à-dire que rajeunir souvent et de façon répétitive des grèves basses (en empêchant la succession vers des cortèges de végétation moins impactés par les invasives) pourrait aggraver la situation dans le paysage. Nous pouvons penser que le phénomène est minime puisque de toute façon les travaux ne font que tenter de rattraper une partie de la diminution des perturbations naturelles. Cependant, ces éléments de réflexion nous conduisent à conseiller la réalisation des travaux que sur les sites où la végétation ligneuse pose problème et est bien installée, ce qui revient à différer le moment d'intervention, à plus cibler les interventions et à réaliser des travaux plus lourds que la simple scarification « préventive à l'arrache poireau » (cf. réponse à Q7).

Nous ne sommes pas en mesure ici de traiter des travaux d'entretien réalisés à des niveaux topographiques supérieurs (friches et prairies) où les risques d'invasions liées aux travaux pourraient s'avérer plus importants en lien avec un processus d'eutrophisation/rudéralisation associé.

Question 18

18- Quelles sont les espèces sur lesquelles il est recommandé et encore temps d'agir (et quelles sont les espèces dont la présence doit être absolument signalée) ?

Réponse à Q18 :

Nous invitons à établir le contact avec le « Groupe de travail plantes invasives en région Centre-Val de Loire » co-piloté par le Cen Centre-Val de Loire et le CBNBP.

Néanmoins les retours d'expérience des projets BioMareau et en particulier du dispositif Loire moyenne nous permettent de mentionner quelques espèces.

Les trois espèces les plus problématiques en interaction avec la succession à salicacées en Loire moyenne seraient :

- l'érable négundo (53 % des 154 sites) qui s'immisce entre la succession primaire à salicacées et la succession postpionnière à bois dur, remettant surtout en cause l'état de conservation de la forêt à bois dur à venir. Cependant, la lutte doit s'organiser dans la forêt à bois tendre. L'espèce est bien installée sur tout le linéaire.
- les jussies invasives (31 % des sites) qui s'aventurent hors de l'eau sur les grèves. Cependant, c'est dans les bras à cours lent et les trous d'eau plus ou moins temporaires que l'envahissement serait le plus problématique. L'espèce est bien installée sur tout le linéaire.
- les paspales invasifs (12 %) très présents en aval de la Loire moyenne, absent en amont. Particulièrement impactant sur les grèves basses. Il est probablement encore temps de lutter sur les foyers d'émergence en amont de la Loire moyenne.

On pourrait rajouter l'ambrosie (42 %) du fait de son effet allergisant et les asters invasifs (42 %) du fait de leur forte présence.

Toutes les espèces mentionnées font partie de la liste des espèces invasives en région Centre-Val-de-Loire (v3.0-novembre 2017 ; <https://www.centrevaldeloire.org/repository/func-startdown/291/>).

Question 19

19- Quel est la dynamique et l'importance de la colonisation de l'érable négundo à l'échelle de la Loire moyenne ?

Réponse à Q19 :

Comme dit en Q18, l'espèce est bien installée sur tout le linéaire et est encore en expansion. Le dispositif Loire moyenne permet d'avoir une idée de la présence en fonction du stade de la succession. Nous voyons que l'érable négundo est de plus en plus présent au cours de la succession et est quasiment présent dans tous les sites des stades de peupleraies D, E et F (Figure 9). Le stade G (forêt à bois dur, seulement 4 sites) serait moins impacté du fait que ces peuplements se sont formés avant l'invasion. Il pourrait en être autrement pour les nouvelles forêts à bois dur, car le négundo s'y aventure volontiers dans son aire naturelle (Dumas, soumission 2019 - Que savons-nous de l'Érable négundo).

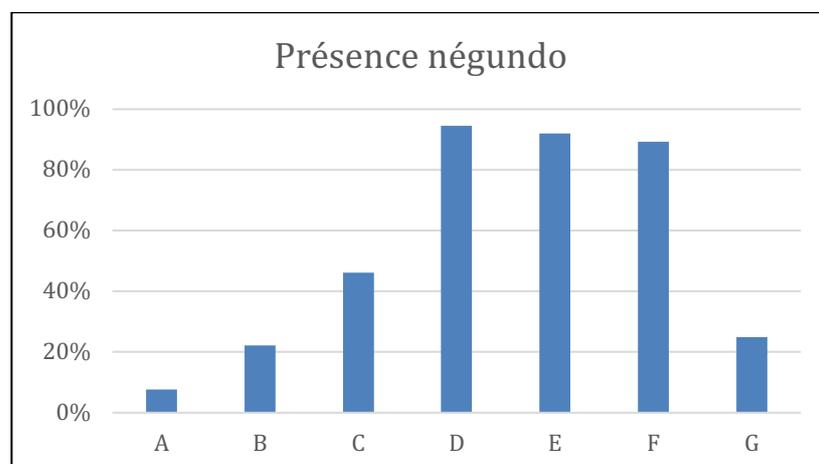


Figure 9 : Présence de l'érable négundo suivant le stade de la succession à salicacées (G = forêt à bois dur, n : 4).

Nous pouvons aussi comparer le couvert de l'érable négundo (Figure 10) à celui du peuplier noir (Figure 11). Tout d'abord la progression du couvert de l'érable négundo s'accroît plus tard et est plus progressive, tout au long de la succession, que pour la présence (Figure 9, pallier à partir du stade D), ce qui laisse présager que le couvert de négundo déjà conséquent en fin de succession (près de 30 %) va encore augmenter dans la forêt à bois dur qui s'installera progressivement au même niveau topographique.

Le couvert du peuplier noir augmente très rapidement pour atteindre un palier d'environ 45 % dès le stade C et reste assez constant ensuite. Tout cela dénote bien le caractère pionnier du peuplier noir et celui postpionnier précoce (ou nomade) de l'érable négundo. Une limite de ces résultats est que pour les stades D à F, nous avons cherché à échantillonner une partie des sites sans négundo et une partie avec beaucoup de négundo, sans vraiment y parvenir, ce qui dénote une invasion diffuse. Nous estimons néanmoins que notre échantillonnage couvre un gradient assez représentatif de la situation mais accentue la variabilité propre à chaque stade.

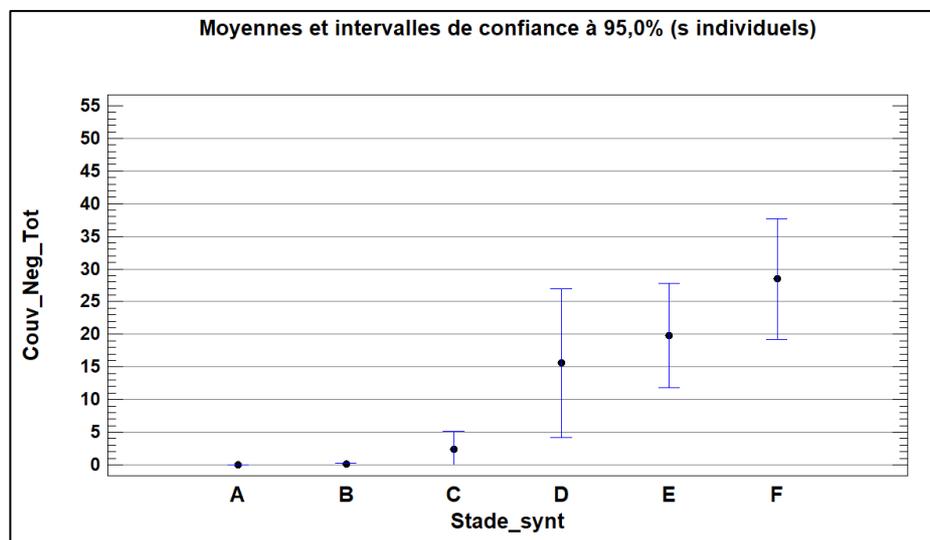


Figure 10 : Couvert total de l'érable négundo en fonction du stade de la succession primaire. p Kruskal-Wallis $< 0,001$ ***.

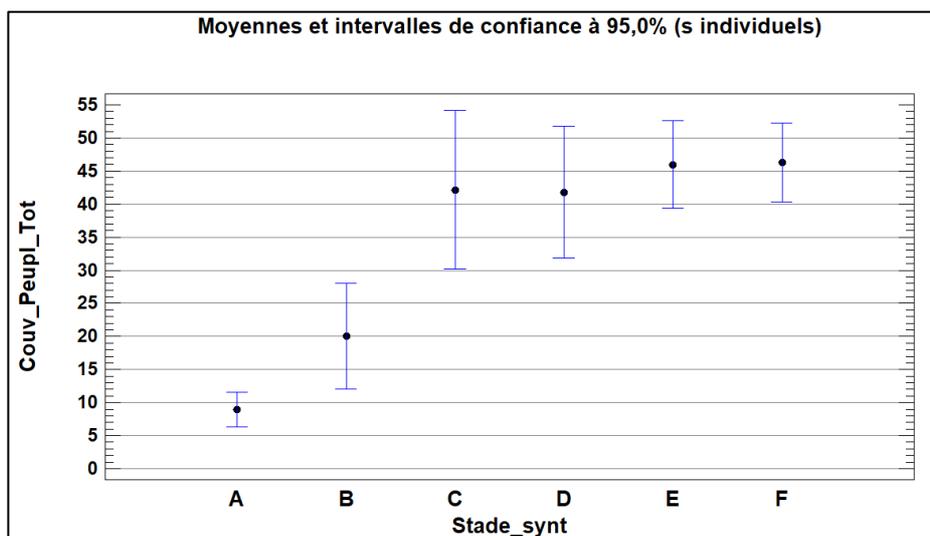


Figure 11 : Couvert total du peuplier noir en fonction du stade de la succession primaire. p Kruskal-Wallis $< 0,001$ ***.

Question 20

20- Y aurait-il un intérêt à ensemer avec des espèces indigènes des zones restaurées et peu sollicitées hydrauliquement, afin d'éviter l'implantation d'espèces invasives ?

BioMareau n'a pas de données sur ce point.

Question 21

21- Parfois, dans un objectif paysager, nous sommes amenés à essayer de gérer la renouée, sans espoir de l'éliminer. Lorsque les sites sont très étendus, les coûts d'exportation peuvent conduire à multiplier par 20 le coût du chantier. Dans un contexte de crédits restreints, ne serait-il pas plus opportun de faucher plusieurs fois par an la renouée sans l'exporter pour essayer de l'épuiser que de procéder à une intervention annuelle avec exportation ? Quel est votre avis ? quelles recommandations (période de fauche, hauteur de fauche...) ? peut-on imaginer un critère permettant de privilégier l'une ou l'autre des solutions ?

Réponse à Q21 :

BioMareau n'a pas de données sur ce point.

Invitation à lire le numéro spécial de la revue SET (Sciences Eaux & territoires) n° 27 du 14 juin 2019 : Renouées envahissantes - Connaissances, gestions et perspectives (<http://www.set-revue.fr/renouees-envahissantes-connaissances-gestions-et-perspectives>).

Sur le dispositif Loire moyenne, les renouées invasives n'ont été rencontrées que dans 5 % des sites et avec des couverts inférieurs à 3 %.

Question 22

22- Un arrêté préfectoral de la Nièvre nous oblige à détruire l'ambroisie sur le DPF. Pensez-vous que cette démarche est opportune ? Est-ce qu'elle doit être généralisée quel que soit le stade de colonisation du site ?

Réponse à Q22 :

L'espèce est bien présente et il semble assez difficile de l'éradiquer s'agissant d'une espèce annuelle qui apprécie de toute façon les perturbations hydro-sédimentaires. Elle ne semble pas préoccupante pour le déroulement de la succession à salicacées. Sur le dispositif Loire moyenne nous l'avons rencontrée sur 42 % des 154 placettes de 200 m², avec une différenciation de fréquence entre les stades précoces (A, B et C : 58 %) et les stades plus tardifs (D, E et F : 27 %) ; p Fisher < 0.001***. Concernant les stades A et B, les travaux d'entretien ne favorisent pas l'ambroisie en local (fréquence de 52 % avec travaux contre 58 % sans travaux ; p Fisher NS). Nous ne pouvons rien dire des conséquences des travaux quant à la dissémination des propagules en aval. Nous renvoyons cependant aux préconisations de différer et cibler les travaux liés plus généralement aux espèces invasives (Q 17). Ne pas interrompre la succession serait aussi un moyen de limiter la fréquence de l'ambroisie.

Question 23

23- On observe une montée en puissance de certains mouvements (MNSE, etc.), en faveur de la Nature « sauvage », qui font la promotion de la libre évolution, du rewilding, de la non-gestion, etc. Même si la non-gestion est bien un de nos choix de gestion dans de nombreux cas, même si nous maintenons volontairement des bois morts dans des boisements éloignés des courants vifs, nous ne partageons pas la posture systématique de ces associations. Notre

ligne directrice vise à préserver les habitats les plus menacés, en agissant si possible sur les causes des dysfonctionnements et en accompagnant la dynamique actuelle. Tout cela nous conduit à avoir des échanges un peu tendus avec certains acteurs. Discutez-vous de ces sujets au sein du groupe de spécialistes de BioMareau ? Identifiez-vous également cette montée en puissance au sein de vos organismes ? Avez-vous une position partagée sur le sujet ?

Réponse à Q23 :

La réponse peut se faire à plusieurs niveaux :

- ❶ Les milieux patrimoniaux ligériens, hérités d'un passé agro-pastoral extensif, situés aujourd'hui à un niveau topographique plus haut qu'à l'origine du fait de l'incision, méritent des mesures de conservation et une gestion interventionniste que l'on pourrait qualifier de soutenue pour ne pas dire intensive. Nous ne traitons pas de ces habitats dans la présente réflexion, et renvoyons aux CEN et associations naturalistes qui sont les principaux acteurs des actions en la matière.
- ❷ Ce qui nous intéresse ici ce sont les premiers stades successionnels à salicacées, initiant une dynamique vers la forêt à bois dur qui n'a pas subi l'incision passée et qui prendra donc la suite d'une partie des peupleraies matures actuelles ou à venir. En théorie, avec un régime de perturbation hydro-sédimentaire fonctionnel (puissance hydrologique important, réserves de sédiments suffisantes et mobilisables depuis l'amont), la non intervention devrait permettre une répartition équilibrée des différents stades successionnels et donc une diversité des habitats, sans nécessiter l'intervention de l'homme. Cependant, ces conditions se sont trouvées altérées et/ou sont les conséquences d'un choix de gestion dans l'objectif de diminuer le risque d'inondation pour les populations riveraines.
- ❸ Dans le contexte actuel, au-delà de la réduction des risques pour les populations riveraines, l'intervention humaine est nécessaire pour compenser les déséquilibres écologiques dont nous connaissons le sens mais pour lesquels la recherche d'un état de référence nous paraît utopique. Du seul point de vue écologique, la non intervention immédiate aurait pour conséquence l'augmentation de la superficie forestière (et la stabilisation *in fine* en forêt de bois dur), la chenalisation et la reprise de l'incision. Nous pouvons même avancer que le relatif bon état des saulaies-peupleraies ligériennes actuelles est pour grande partie attribuable aux travaux d'entretien réalisés ces 20 dernières années.
- ❹ Cependant, nous préconisons de laisser s'exprimer aux mieux les processus naturels qui existent toujours bien qu'amoindris, l'action de l'homme se bornant à les faciliter et à en accentuer l'effet de façon ciblée. L'action en local doit être subordonnée à l'action globale au niveau du bassin versant, et de façon concertée avec la gestion des barrages.